# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number:

2003-092033

(43) Date of publication of application: 28.03.2003

(51)Int.CI.

H01B 12/08 H01F 6/06

(21)Application number: 2001-282433 (71)Applicant: FUJIKURA LTD

CHUBU ELECTRIC POWER CO.

INC

(22)Date of filing:

17.09.2001

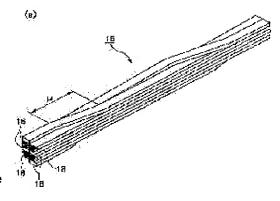
(72)Inventor: GOTO KENJI

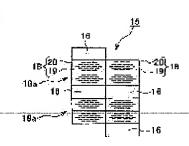
SUZUKI TOMOSHI TAKEDA KAORU **NAGAYA SHIGEO** KAJIMA NAOJI

# (54) TRANSPOSITION SUPERCONDUCTIVE TAPE UNIT AND SUPERCONDUCTIVE APPLICATION EQUIPMENT USING THE SAME

# (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a transposition superconductive tape unit that has a sufficient superconductive property and improved strength, and a superconductive application equipment such as a superconductive cable, a superconductive transformer, a superconductive magnet, a superconductive current limitter or the like using this transposition superconductive tape unit. SOLUTION: This is a transposition superconductive tape unit 15 that is constructed by transposing and twisting a plurality of superconductive conductors 18 of tape shape and one or more of reinforcement material 16 of tape-shape, and a superconductive application equipment using the transposition superconductive tape unit 15 is provided.





(19) 貫本国特許庁 (JP)

# 四公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号 特開2003-92033

(P2003-92033A)

(43)公顷日 平成15年3月28日(2003.3.28)

(51) Int.CL? HO1B 12/08 H01F 6/06 織別記号 ZAA

FΙ HOIB 12/08 H01F

シーマニード(参考) ZAA5G321 В

5/08

# 審査請求 未請求 請求項の数6 〇L (全 9 頁)

(21)出顯番号

(22)出頭日

特願2001-282433( P2001-282433)

平成13年9月17日(2001.9,17)

(71)出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(71) 出願人 000213297

中部電力株式会社

愛知県名吉屋市東区東新町 1 番地

(72) 発明者 後藤 謙次

東京都江東区水場1丁目5番1号 游式会

社フジクラ内

(74)代理人 100064908

弁理士 密賀 正武 (外3名)

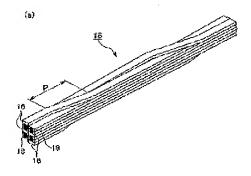
最終質に続く

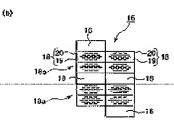
#### (54) 【発明の名称】 転位超電導テープユニット及びこれを用いた超電導応用機器

### (52)【褒約】

【謙鼊】 十分な超電導物性を有するうえ、強度を向上 させた転位超電導テープユニットの提供を課題とする。 このような転位極電導テープユニットを用いた極電導ケ ーブル、超電導変圧器、軽電導マグネット、超電導限流 器等の超電導応用機器の提供を他の課題とする。

【解決手段】 複数本のチーブ状の超電導導体18と、 1本以上のテープ状の結論材16とが転位続り合わされ でなる転位超電導テープユニット15。転位超電響テー プユニット16を用いた超電導応用機器。





**綺閉2003-92033** 

#### 【特許請求の範囲】

【謂求項1】 テーフ状の超電導導体の複数本と、』本 以上のテープ状の縞強材とが転位織り合わされてなると とを特徴とする転位超電導テープユニット。

【譲求項2】 前記転位超電導テープユニットの中央部 に、綴に配置されたテープ状の縞強対が通されたことを 特徴とする請求項1記載の転位超電響テープユニット。 【請求項3】 テーブ状の経管導導体の複数本が転位機 り合わされてなる転位超電源テープユニットにおいて、 前記転位超電導チープユニットの中央部に縦に配置され 10 たテープ状の補強材が通されていることを特徴とする転 位経路導テープユニット。

【語求項4】 テープ状の補強材は、非磁性金属材料又 は非磁性のオーステナイト系金属材料からなることを特 徴とする請求項1万至3のいずれか一項に記載の転位組 驚響テープユニット。

【論求項5】 請求項1乃至4のいずれか一項に記載の 転位超電導テープユニットを用いたことを特徴とする超 查遊店用鎌邊。

【請求項6】 請求項1乃至4のいずれか一項に記載の 26 転位超電導テープユニットが管体の周囲に差値されてな ることを特徴とする超電導ケーブル。

【発明の詳細な説明】

[0001]

【発明の属する技術分野】本発明は、テープ状の経電導 導体を複数本転位燃り合わせた転位趨雷導テープコニッ **上及びこれを用いた超電響応用機器に係わり、詳しくは** 十分な超電導特性を有するうえ、強度を向上させた転位 超電導テープユニット及びこれを用いた超電導応用機器 に関するものである。

### [0002]

【従来の技術】経電導ケーブル、超電導変圧器。経電導 マグネット、超電導限流器等の超電導応用機器には、テ ープ状の超弩導素線や、テープ状の超弩導導体や、ある いはテープ状の超尾導導体を複数本転位統り合わせた転 位超電導テープユニットが用いられている。図6は、従 来の転位超電導テープユニットが備えられた超電導ケー ブルの例を示す斜視図であり、図7は、図6の超電導ケ ーブルに婚えられた転位超電響テーブユニットの説明図 であり、(a)は斜視図。(b)は断面図である。図6 の超智導ケーブル110は、交流電流通電時において偏 滚を抑制した構造を有するもので、転位超電導テープュ ニット115がバイブ状のフォーマ(管体)117の周 **圏に螺旋状に巻回されてなるものである。この転位超弩** 導テープユニット115は、図7(a)に示すようにテ ープ状の超電導導体(超電導テープ)118を複数率 (図面では5本) 転位燃り合わせてなる長尺の帯状のも のである。この転位超電響チープユニット1-15では、 テープ状の超電導導体118の複数本を集合して撚り合

向において、順次その位置を代えて変位するように振り 合わされたものである。

【0003】フォーマ117の姦面は、該フォーマ!1 7と転位超電導テープユニット115間の通電を抑制す るために絶縁処理が施されている。また、このフォーマ 117の内部は、冷却媒体の流路とされ、テーブ状の超 電響導体118の冷却が行われる。テーフ状の超電響導 体118は、図7(b)に示すように、超電導多心素線 (超電導素線) が平均化されてなるテーブ状の超電導素 湯119の表面に硫化処理が総されて高抵抗化勝120 が形成されてなるものである。上記越電導多心素線は、 Ag等から形成されたシース材からなる基地の内部に、 経電導フィラメントなどの超電導体からなるコア部また は熱処理により超電導体となる材料を有するコア部が償 えられてなるものである。上記コア部の超電導体あるい は熱処理により軽電導体となる材料としては、Bi、S r<sub>2</sub>Ca<sub>1</sub>Cu<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (B<sub>1</sub>2212相)、B<sub>1</sub>,Sr<sub>2</sub>C a<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>3</sub> (B<sub>1</sub>2223相) などで示される組成を 持つものが用いられる。上記のような構成の超繁導ケー ブル110の外側には、図示しない半導体層、絶縁層、 保護層、断熱層、防食層などが必要に応じて形成されて 使用される。

【0004】図8は、従来の超電導チーブが備えられた 超電導変圧器の急線部の例を示す図であり、図9はこの 巻線部の要部を示す図である。この巻線部130は、円 筒形の巻棹140と、この巻棹140に巻かれたテーブ 状の超電導導体(超電導テープ) 145とから構成され たものが知られている。巻幹140には、図9に示すよ うに複数の達141が略平行に形成されている。とこで 30 のテーブ状の経電導導体145のコア部としては、Bi <sub>2</sub>S r<sub>2</sub>C a<sub>2</sub>C u<sub>2</sub>O、(B 2 2 2 2 3 相)等の超電導体 あるいは熱処理により超電導体となる特料が用いられて いる。ここで用いられる超電導導体145がテープ状と されるのは、酸化物超電響体、特に、BijSriCa, Cu,O,(Bi2223組)等の超電導体は結晶の配向 性(特にAB面の配向性)を輸え高臨界電流特性化を図 るためであり、通常、圧延加工と熱処理を繰り返すこと により高特性化を行っている。

【0005】各溝141内には上記のようなテープ状の 46 超電導導体145が複数積層(図面では3層積層)さ れ、嵌め入れられることにより巻棹140に巻き付けら れているが、その際、図9の(b)に示すように一つの 海141aに嵌められた最外層の超電導導体145cは 途中から緩やかに次の達1410に移行してこの溝14 1 bに嵌め入れられ、その後、所定の間隔をあけて次の 層(最外層の下側の層)の超電導導体145ヵが次の湯 1416に途中から緩やかに移行してこの溝1416に 飲め入れられて先に移行させた超電導導体145cの外 側(上)に巻く方法(層内転位法)が採用されている。 わず際に、各テーブ状の極電導導体118かその長尺方 50 このような設電導変圧器の登線部130では、超電導導

**綺開2003-92033** 

体の補強のために隣接する潜141、141間隔(スペ ーサ間隣)を小さくしている。

【0006】次に、強磁場で使用される超電導マグネッ トにおいては、磁場発生時において強大な電腦力が巻線 部に加わる。そのため巻線部に備えられるテープ状の経 電響導体の高強度化のために各種の開発がなされてい る。高強度化された従来のテーブ状の超電導導体の例と しては、銀シースにC u等の元素を添加したものや、コ ア部材料としてBizSrzCa,CuzO。(Bi22) したものが知られている。

#### [0007]

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記のよ うな超電導応用機器に用いられた従来のテーフ状の超電 導導体や転位超電導テープユニットは、強度を十分に向 上できないという問題があった。特に、シース材の高強 度化によりテープ状の超電導導体を強度を向上する方法 では、Mg、Sb、Mn等を銀中に0.1~0.3wt %添加した銀合金シース材を超電導導体の外層部分に用 いており、この場合、超電導導体の製造工程で行う熱処 20 理時(約800℃~900℃で、数百時間程度)に上記 の添加元素の拡散により超電導特性の低下を引き起こす のを退けるために、添加元素の添加量が0.3w%以下 に制約されるため、導体の補強効果もある一定のレベル 以下に制約されてしまう。

【0008】本発明は、上記の事情に鑑みてなされたも ので、十分な超霜導特性を有するうえ、強度を向上させ た転位組織導テープユニットを提供するととを目的とす る。また、本発明は、十分な超電導特性を有するうえ、 緩鍼的強度を向上させた転位超電導テープユニットを用 いた軽電導ケーブル、超電響変圧器、軽電導マダネッ ト、超電導限流器等の超電導応用機器の提供を他の目的

## とする。 [00001

【課題を解決するための手段】本発明は、テーブ状の超 電導導体の複数本と、1本以上のテープ状の結論材とが 転位撚り合わされてなることを特徴とする転位超電導テ ープユニットを上記課題の解決手段とした。上記構成の 転位軽電導テープユニットにおいては、さらに前記転位 超電導テープユニットの中央部に縦に配置されたチーブ 状の補強材が通されていることが好ましい。

【0010】また、本発明は、テーブ状の超電導導体の 複数本が転位撚り合わされてなる転位超延導テープユニ ットにおいて、前記転位超電響テープユニットの中央部 に縦に配置されたテープ状の精強材が通されていること を特徴とする転位超電導チープユニットを上記課題の解 決手段とした。上記のいずれかの構成の本発明の転位超 電響テープユニットにおいて、上記テーフ状の補強材 は、非磁性金属材料又は非磁性のオーステナイト系金属 材料からなるものであってもよい。上記非墜性金属材料 50 図1(a)に示すように複数本(図面では8本)のテー

としては、ハステロイ等を用いることができる。上記非 巡性のオーステナイト系金属材料としては、SUS30 4. SUS316等のオーステナイト系ステンレス鋼等 を用いることができる。

【0011】本発明において、上記テーフ状の超電導導 体としては、テープ状の超端導素線の表面に硫化処理が 施されて高抵抗化膜が形成されたものであってもよい。 本発明において、上記テープ状の超電導素線は、超電導 体からなるコア部または熱処理により超電導体となる材 2組)を用いたものを液体へリウム中で使用するように 10 料を育するコア部がシース舒からなる基地の内部に備え られてなる超常導素線を平坦化してなるものであり、前 記高鑑抗化膜は前記基地を形成するシース材よりも電気 抵抗率の高いものであることが好ましい。上記コア部を なす軽電導体またはコア部の熱処理により超電導体とな る特質としては、単体では機械的に脆い性質を有する超 電響材料が挙げることができ、例えば、Bi,S:,Ca ·Cu<sub>2</sub>O。(Bi2212組)、Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>2</sub> O. (Bi 2223相)、B.,,,Pb,,,Sr,Ca,C u, O, Tl, Ba, Ca, Cu, O, Y, Ba, Cu, O ,、などで示される組成をもつ酸化物超電導材料のよう な高温超電導材料や、NB,Sn、NB,AIなどで示さ れる組成をもつ軽電導材料のうちから選択された一種以 上のものが用いられ、特に、B1系2223相またはB 1系2212相のB1系酸化物超尾導材料が用いられる ことが好ましい。

【0012】上記シース材が、Ag. Pt, Au等の資 金属あるいはそれらの合金からなるものであることが好 ましい。上記高鑑抗化膜は、上記シース材の流化物から なるものであることが好ましく、このなかでも輸化銀か らなることがさらに好ましい。

【りり13】また、多発明は、上記のいずれかの構成の 李発明の転位超電導テープユニットを用いたことを特徴 とする超電導応用機器を上記課題の解決季段とした。ま た。本発明は、上記のいずれかの構成の本発明の転位超 電響テープユニットが管体の周囲に参回されてなること を特徴とする経電導ケーブルを上記課題の解決手段とし た。本発明の超電導ケーブルにおいては、これに用いち れる本発明の転位超電導テープユニットを構成する上記 テープ状の超電響導体の横断面形状とテープ状の補強材 の憤断面形状がそれぞれ矩形状であることが好ましい。 上記管体は、ステンレス剝製とされることが好ましい。 [0014]

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る転位超電導テ ープユニットと、これを用いた鉛電導応用機器の一実施 形態を、図面に基づいて説明する。

(転位超電導テープユニットの第1の実施影艦)図1 は、本発明の転位経営導ゲープユニットの第1の実施形 態を示す図であり、(a)は斜視図。(h)は断面図で ある。李実施形態の転位超電導テープユニット16は、

(4)

特開2003-92033

5

フ状の超電漂導体(超電響チープ)18と、複数本(図面では4本)のテープ状の補強材(補強テープ)16とが転位繰り合わせてなる長尺の帯状のものである。さらに詳しくは、チープ状の超電漂導体(超電導チープ)18を上下左右に積層した積層体(図面では超電導導体18を4本泉わた積層体)18a、18aの間にチープ状の補強材16.16が左右に並列され、さらに一方の積層体18aの上にテープ状の補強材16が添設され、他方の積層体18aの下にチープ状の補強材16が添設されており、さらにこれらの複数本のチープ状の超電導導体18と複数本のテープ状の超電導導体18や番チープ状の複線材16がその長尺方向において、順次その位置を代えて変位するように燃り合わされたものである。

【0015】上記テープ状の超電導導体18は、図1 (b) に示すようにテープ状の超電導素線19の表面に 硫化処理が施されて高抵統化膜20が形成されてなるも のである。この超電導導体18の満断面形状は、矩形状 とすることが好ました。この超電導導体18の具体的寸 法は、幅1、0mm~5、0mm程度、厚さ0、1mm 26。 ~1. 0 mm程度の範囲のものとされる。上記高抵抗化 膜20は、後述するシース科の硫化物からなるものであ り、このなかでも硫化銀からなることが好ましい。この ような高抵抗化購20は、後述する基地29を形成する シース材よりも電気抵抗率が高くなっていることが、テ ープ状の超電導導体18の表面を高遮抗化することがで き、隣接するテーフ状の超電導導体18のシース材29 に過電流が導通することがなく、各々のテープ状の超電 導導体18の内部に獨電流が図まるようにできる点で好 ましい。例えば、基地29が電気抵抗率の低いAg(7 7Kにおいて電気抵抗率が0.3μΩcm)等から構成 されている場合、該基地29の周囲の高抵抗化膜20が 電気抵抗率の高い硫化銀(77KにおいてAgの電気抵 抗率の約10°倍以上の電気抵抗率を有する)などから 様成される。

【0016】上記テーブ状の超電導素線19は、図2に示すような超電響多心素線(超電導素線)25が平坦化されてなるものである。この超電導素線19の横断面形状は、短形状とすることが好ましい。この超電導素線19は、幅1.0mm~5.0mm程度、厚さ0.1mm~1.0mm程度の範圍のものとされる。上記超電導多心素線25は、超電導フィラメントなどの複数本の超電線体27からなるコア部28または熱処理により超電導体となる材料27を有するコア部28がシース特からなる基地29の内部に備えられてなるものである。

[0017] コア部28の磁電導体27あるいは熱処理により超電導体となる材料27としては、単体では機械的に腕い性質を有する超電導材料が挙げることができ、 例えば、Bi2Si2Ca2Cu2O、(Bi2212 相)、Bi2Si2Ca2Cu2O、(Bi2223相)、 Bi...Pb...Sr.Ca.Cu.O.. Tl.Ba.Ca.Cu.O.. Y.Ba.Cu.O.. Y.Ba.Cu.O.. などで示される組成をもつ酸化物超電準材料のような高温超電準材料や、Nb.Sn.Nb.Alなどで示される組成をもつ超電導材料のうちから選択された一様以上のものが用いられ、特に、B.系2223相またはB.系2212相のB.系酸化物超電導材料が用いられる。基地29を形成するシース材としては、Ag.Pt.Au等の資金属あるいはそれらの合金からなるものが用いられる。

【0018】テーブ状のは強材16は、非磁性金属材料又は非磁性のオーステナイト系金属材料からなるものが用いられる。上記非磁性金属材料としては、ハステロイ等を用いることができる。上記非磁性のオーステナイト系金属材料としては、SUS304、SUS316等のオーステナイト系ステンレス鋼等を用いることができる。このテーブ状の補強材16の横断面形状は、超響導体18の補断面形状と同様の矩形状とすることが好ましい。この結論材16の具体的寸法は、幅1.0mm~5.0mm程度、厚さ0.1mm~1.0mm程度の範囲のものとされる。

【0019】次に、図1に示した転位超磁導テープユニット15の製造方法の一例を工程順に説明する。 (原料粉末処理工程】酸化物超磁導物質の原料粉末、砂えば $B_{1,0}$ 、 $P_{1,0}$  、 $P_{1,0}$ 

上記の他にBi、Pb、Sr、Ca、Cuの各元素の酸化物、炭酸塩のいずれでもよい。 【充填工程】上記粉砕した原料粉末をCiP(冷間静水 圧プした)、成形等により倒えば円柱をとし、ついでこの

圧プレス) 成形等により倒えば円柱体とし、ついでこの 円柱体をAg等のシース材からなる第一のパイプ内部に 充填して封入し、シース材複合体(Agシース複合体) を形成する。

【① 0 2 0 】 (単心線の仲線(引き抜き)加工工程)上 記シース材復合体(A g シース複合体)を、ダイス等に よって所定の線径にまで伸線加工し、超路標準心素線 (単心線)を形成する。

〔多心化工程〕Ag等のシース材からなる第二のパイプの内部に上記単心線を所定数(例えば、19本)配置し、封入を行った後、ダイス等により所定の線径にまで伸線加工して、図2に示すような超電響多心素線(超電 澤素線)25を形成する。

(10021) 【超弯導素線の圧延熱処理反復工程】上記 超電導多心素線25をロール圧延等の圧延加工により、 一一所定の厚きまで圧延して平坦化する。ここでの圧延加工 に用いる装置としては、例えば、上下一対のロールを確 50 えた2重圧延機と、このロール間に超電導多心素線25

特開2003-92033

を送り出す送出ドラムと上記ロール間で圧延された超電 導多心素線25を巻き取る参取ドラムとからなる接送機 からなる圧延終置(図示略)が好適に用いられる。この ような圧延終置を用いて超電導多心素線25を圧延する には、上記送出ドラムから超等導多心素線25を上記ロール間に送り出して圧延するとともに圧延された超電導 多心素線25を参取ドラムで巻き取ることにより行われる。ついで、この平坦化した超悪導多心素線25を、例えば熱処理ドラムに巻回状態として電気原等の内部に収 変し、温度条件を、820℃~850℃の範囲とし、処 理時間を、10時間~200時間の範囲に設定して熱処 運を行う。更に、上記圧延加工(またはプレス処理)お よび熱処理を複数回繰り返して、所定の厚みのテーフ状 の超電導素線19を形成する。

【0022】〔超電導素線の硫化工程〕上記テープ状の 超電導素線19の表面に硫化処理を施して高抵抗化膜2 0を形成することにより、図1に示すようなテープ状の 超電導導体(超電導テープ) 18を形成する。ここでの 硫化処理に用いる装置としては、例えば、真空排気可能 応容器内にテープ状の鉛電導業線19を送り出す送出ド ラムと、上記反応容器内で藤化処理が絡されたテープ状 の超電導素線19を巻き取る巻取ドラムとからなる硫化 処理装置が好適に用いられる。上記反応容器には、テー プ状の超電導素線19を内部に導入する導入孔と、導入 されたテーブ状の経管導素線19を導出するための導出 孔が形成されており、これら導入孔と導出孔の層縁部に は、テーフ状の超電導素線19を通過させている状態で 各乳の隙間を閉じて上記反応容器内を気密状態にする針 止機構が設けられている。また、上記反応容器には、ヒ ータ(図示略)が備えられており、この反応容器を加熱 できるようになっている。

【0023】このような硫化処理装置を用いてテープ状 の超電導素線 19の表面に輸化処理を施すには、上記反 応容器の内部を真空継気した後、該反応容器内に所定温 度範囲の硫黄蒸気を供給し、ついで、上記送出ドラムか らテーブ状の超電導素線19を上記議貴蒸気が満たされ た上記反応容器内に送り出すとともに競化処理が譲され たテープ状の極端導素線19を上記巻取ドラムで巻き取 導体(超電導チープ)18が得られる。上記の反応容器 内に供給される議責蒸気としては、二塩化硫黄。二塩化 二端黄、二酸化磷黄などの蒸気を挙げることができる。 上記反応容器内に供給される硫黄蒸気の温度としては、 50° C~170° C程度の範囲内とされる。上記反応 容器内の温度としては、供給された藻黄蒸気が液化しな いような温度である。硫化処理時間としては、60~3 6-0-0-0 秒程度である。ことでの硫化処理時間は、上記 反応容器内に送り込むテープ状の超電導素線19の線速 等によって変更できる。

【0024】 〔補職材の圧延反復工程〕 線状の補強材 (テープ状にする前の補強材16)をロール圧延等の圧延加工により、所定の厚さまで圧延して平坦化する。ここでの圧延加工に用いる鉄置としては、例えば、上下一対のロールを備えた2重圧延緩と、このロール間で圧延された補強材16を巻き取る巻取ドラムと上記ロール間で圧延された補強材16を巻き取る巻取ドラムとからなる投送緩からなる圧延装置を用いて上記複状の補強材を圧延するには、上記送出ドラムから稼伏の補強材を上記ロール間に送り出して圧延するとともに圧延された補強材を参取ドラムで巻き取ることにより行われる。更に、上記圧延加工(またはプレス処理)を複数回繰り返して、所定の厚みのテープ状の補強材16を形成する。

【0022】 【軽電導素線の硫化工程】上記テープ状の 超電導素線19の表面に硫化処理を施して高抵抗化膜2 0を形成することにより、図1に示すようなテープ状の 避電響導体(超電響テープ)18を形成する。ここでの 硫化処理に用いる接置としては、例えば、真空排気可能 であり、内部に端管薬気が満たされる反応容器と、該反 応容器内にテープ状の超電導素線19を送り出す送出ド ラムと、上記反応容器内で鞍化処理が縮されたチープ状

> 【① 0 2 6 】本実施影應の転位超電響テープコニット 1 5によれば、上記テープ状の超電導導体 1 8 の複数本 と、上記テープ状の補強材 1 6 の複数本とが転位燃り合 わされてなるものであるので、転位燃り合われた複数 本のテープ状の超電導導体 1 8 間や外側に上記テープ状 の補強材 1 6 が組み込まれる構造となり、十分な超電導 特性を有するうえ、機械的強度を向上させることができ る。なお、本実施影應では、転位超電響テープユニット 1 5 を 8 本のテープ状の超電導導体 1 8 と 4 本のテープ 状の補強材 1 6 とから構成した場合について説明した が、要求される超電導等性や機械的強度に応じてテープ 状の超電導導体 1 8 やテープ状の補強材 1 6 の本数を選 択することで目的とする特性を値えた転位超電響チープ ユニットの提供が可能である。

【りり28】第2の実施形態の転位極電響テープユニット55では、転位超電響テープユニットの中央部に縦に配置されたテープ状の結論材16が消されているので、第1の実施形態の転位超電響テープユニット15よりも50 さらに繊繊的強度を向上させることができる。また、転

10

位極電導テープユニット55の中央部に通されたテープ 状の補強材!6は、縦に配置されているので、左右に並 列されたテープ状の超電響導体18、18の間に介在さ れることとなり、テープ鉄の超電導導体18…の左右 方向(猫方向)の位置ずれを防止できる。

【0029】(転位超電響テープユニットの第3の実施 形態)図4は、本発明の転位超電導テープユニットの第 3の実施影感を示す斜視図である。との第3の実施形態 の転位鉛電導テープユニット35は、複数本(図面では 12本)のテープ状の超電響導体(超電導テープ)18 19 ル40が得られる。ここでのスパイラルピッチとして を転位続り合わせた転位超電導テープユニットの中央部 に綴に配置されたテーブ状の浦強材16が通されてお り、即ち、転位超電響テープユニットの中央部を縦断す るようにテープ状の結論材16が組み込まれている点で

【0030】本実施形態の転位超電導テープユニット3 5によれば、転位超電導テープユニットの中央部に縦に 配置されたテーブ状の補強付16が過されているので、 転位超電導テープユニットの中央部にテーフ状の補強材 16が組み込まれる構造となり、組み込まれるテーフ状 20 の舗強材16が少なくても十分な超電導特性を有するう え、機械的強度を向上させることができる。また、この 転位経弯導テープユニット35は、組み込まれるテーブ 状の補強材16の本数が少なくても機械的強度を向上で きるので、コンパクトでしかも効果的に補強効果を得る ことができる。このような効果は、特に、転位超電導デ ープユニットに組み込まれるテープ状の超電導導体18 の本数が4本から本以上である場合や、テープ状の超電 婆婆体18の厚みが厚い場合、例えば、0.3mm以上 ある場合に特に顕著な効果を発揮できる。また、転位超 電響テープユニット35の中央部に通されたテープ状の 循強材16は、縦に配置されているので、左右に並列さ れたテープ状の超電導導体18、18の間に介在される とととなり、転位超電導チープユニットを構成する複数 のテーブ状の超電導導体18の左右方向(橋方向)の位 置ずれを防止できる。

【0031】(超選導ケーブルの実施形態)図5は、本 発明の実施形態の転位超電導アープユニットを用いた超 電導ケーブルの一案施影態を示す斜視図である。との超 電響ケーブル40は、転位超電導テープユニット45が 40 バイブ状のフォーマ(管体)47の周囲に螺旋状に巻回 されてなるものである。ととで用いられる転位超電導テ ープユニット45は、上述した第1乃至第3の実施形態 の転位超電導テープユニット15、66、35のうちい ずれか! 種葉たは2種以上が用いられる。このような転 位極電導テープユニット45の差圓方向は、S巻(古 巻)の方向または2巻(左巻)の方向となっている。 【0032】上記フォーマ47は、ステンレス鋼などか ちなるものである。このようなフォーマ47の表面は、

電を抑制するために絶縁処理が施されている。このフォ ーマ47の内部は、液体窒素等の冷却媒体の適略とさ れ、転位超電響テープユニット4.5を構成するテープ状 の極電導導体18の冷却が行われる。

【0033】とのような構成の超電導ケーブル40の製 造方法としては、例えば、上記転位超電導テープユニッ ト45の複数組を表面に絶縁処理が能されたフォーマ4 7の周囲に所定のスパイラルビッチで2巻あるいはS巻 で巻回することにより、図らに示すような超響響ケーブ は、100~2000mm程度の範囲内とされる。この ような構成の趨電響ケーブル40の外側には、図示しな い半導体層、絶縁層、保護層、断熱層上防食層などが必 嬰に応じて形成されて使用される。

【0034】本実施影麼の超電導ケーブル40は、超電 導特性が十分で、機械的強度を向上させた李発明の実施 形態の転位超電導テープユニット45が用いられたもの であるので、優れた特性を育するものとすることができ る。なお、上途した実施形態においては、本発明の実施 形態の転位超電導テープユニットを超電導ケーブルに用 いた場合について説明したが、本発明の転位超層導テー プユニットは超電導変圧器、超電導マグネット、超電導 限流器等の超電導応用機器の巻線部に用いることができ る。本発明の転位超電導テープユニットが巻線部に用い られた超電導応用機器は、優れた特性を有するものとす ることができる。

[0035]

【実施例】以下、本発明を、実施例および比較例によ り、具体的に説明するが、本発明はこれらの実施側のみ に限定されるものではない。

(実能例) Bi<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, PbO, SrCO<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, CuO、を、Bi:Pb:Sr:Ca:Cuの舞合此が 1.8:0.4:2.2:3.0となるように舞合し、 800℃の温度条件において行う熱処理(仮焼き)と該 仮焼きした後における粉砕とを複数回線り返して、原料 粉末を得た。この原料粉末をCIP(冷間静水圧ブレ ス) 成形により円筒状として、外径15mm、内径10 mmのAgパイプ(第一のパイプ)内部に充填して對入 し、Agシース複合体を得た。このAgシース複合体を ダイス等によって線径1.9mmにまで伸線加工して単 心線を形成した。ついで、発径15mm、内径10mm のAgバイブ(第二のパイプ)の内部に上記単心線を1 9本配置し、封入を行った後、ダイス等により線径0. 9mmにまで伸線加工して、超電導多心素線を形成し

【10036】との超電導多心素線を、2重圧延機と鍛送 機からなる圧延装置を用いて厚さり、30mmまで圧延 加工を施し、平垣化した。さらにこの平垣化した極電導 素線を熱処理ドラムに巻回した状態で、上述の電気炉の 該フォーマ47と転位超離猶テープユニット45間の通「50」内部に収容し、温度条件が830℃、処理時間が150

特闘2003-92033

時間として熱処理を行った。更に、上記座延加工(また はプレス処理)および熱処理を複数回繰り返して、幅 2. 0 mm、厚さ0. 20 mmの満断面形状が指形状の テープ状の超電導素線を形成した。ついで、硫化処理装 鎧を用い、反応容器の内部を真空排気した後、該反応容 器に約150°Cの硫黄蒸気を供給し、ついで、送出ド ラムからテープ状の超電導素線を線建20cm/時間で 上記録黄蒸気が満たされた反応容器内に送り出すととも に硫化処理が施されたテーブ状の超電導素線を参取ドラ ムで巻き取ると、表面に巣色の硫化銀からなる高級抗化 10 膜を有するテープ状の超電導導体(超電導テープ)が得 られた。なお、ととでの反応容器内の雰囲気圧力は、約 latm(1.0)325×10'Pa)であった。-方。オーステナイト系ステンレス鋼からなる線鉄の舗費 材を、2重圧延機と搬送機からなる圧延装置を用いて圧 延順工(またはプレス処理)を複数回繰り返して、幅 2. 0mm、厚き0. 20mmの橋断面形状が矩形状の

テープ状の論論材(SUSチープ)を形成した。 【0037】ついで、作製した上記テープ状の超電導導 体8本と、テープ状の縞強符4多とを転位燃り合せ機を 用いて転位ピッチ100mmで転位燃り合わせて図1に 示すような転位超電線テープユニット (実施例1) を得 た。また、作製した上記テーブ状の超電導導体』2本を米 \*転位燃り合せ機を用いて転位鑑り合わせる際、転位超電 導テープユニットの中央部に縦に配置されたテープ状の 補強封を運すようにすることにより、図4に示すような 転位経営導テープユニット(実施例2)を得た。また、 作製した上記チーブ状の経躍導導体8本を転位撚り合せ 織を用いて転位ビッチ100mmで転位燃り合わせて転 位超電導テープユニット(比較例1)を得た。また、作 製した上記テープ状の超電導導体12本を転位燃り合せ 機を用いて転位ビッチ100mmで転位続り合わせて転 位超電導テープユニット(比較例2)を得た。

【0038】次に、このようにして得られた実施例1~ 2と比較例1~2の転位超電導テープユニットの超電導 特性と機械的強度を測定した。ここでの超電導特性は、 77K、0テスラにおける臨界電流(A)を測定した。 また、ここでの機械的強度は、作製した転位超電導テー プユニットの両端をSUS板(ステンレス鋼板)ではさ み込んでネジ止め(かしめ固定)し、有効長300mm に引張試験機を用いて5 tonの荷重をかけて試験を行う ことにより測定した。その結果を下記表1に示す。表1 中の臨界電流は、1 μm/cm以上示すときの値であ る。また、表し中の機械的強度は、永久伸びの値が()。 2%のときの耐力である。

[0039]

「表1」

	距界電流(A)
実施例 1	212
実施例2	320
比較例 1	208
比較例2	3 1 0

【0040】表1に示した結果から8本のテーブ欲の超 35 電導導体と、4本のテープ状の箱強材(SUSテープ) とを転位織り合わせた真能例1の転位超電導テープユニ ットは、8本のテーブ状の超電導導体を転位鉄り合わせ た比較例1の転位超電導テープユニットと同等以上の距 界電流が得られており、また、機械的強度については比 較例1のものより大幅に強度が優れていることがわか る。また、12本のテープ状の鉛電導導体を織り合わせ る際、転位超電響テープユニット中央部に縦に配置され たテープ状の補強材が通されるようにした実施例2の転 位超電導テープユニットは、12本のテーブ状の超電導 49 実施形態を示す斜視図である。 導体を転位燃り合わせた比較例2の転位鉛管導テープユ ニットと同等以上の臨界電流が得られており、また、銭 械的強度については比較例2のものより大幅に強度が優 れていることがわかる。

### [0041]

【発明の効果】以上説明したように本発明の転位超電導 テープユニットによれば、十分な経電導特性を有するう え、強度を向上させたものが得られる。また、本発明の 超電導応用機器によれば、十分な超電導特性を有するう え、機械的強度を向上させた本発明の転位超電導テープ 59

機械的強度(MPa)

410 350 120 110

ユニットが用いられているので、優れた特性を有すると とができる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の転位超電導テープユニットの第1の 実施形態を説明するための図であり、(a)は斜視図、

(b) は断面図である。

【図2】 図1の転位超電響テープユニットを構成する テープ状の超電導素線に用いられる超電導素線の説明図 である。

[⊠3] | 本発明の転位超電導テープユニットの第2の

【図4】 本発明の転位超鷺襷テーブユニットの第3の 突縮形態を示す斜視図である。

【図5】 本発明の齟齬導ケーブルの一実施影態を示す 斜視図である。

【図6】 従来の転位超電導テープユニットが備えられ た超電導ケーブルの例を示す斜視図である。

【図?】 図6の超電導ケーブルに備えられた転位超電 導デープユニットの説明図であり、(a)は斜視図、

(b) は断面図である。

【図8】 従来の超電響テープユニットが備えられた超

(8)

特闘2003-92033

Τá

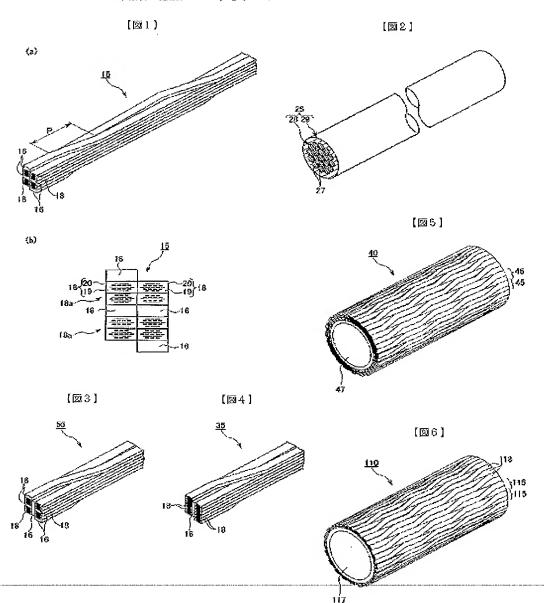
運導変圧器の巻線部の例を示す図である。

【図9】 図8に示した巻線部の變部を示す図であり、 (a)は新面図、(b)は超電導素線の腫内転位部の詳 細緯道を示す図である。

# 【符号の説明】

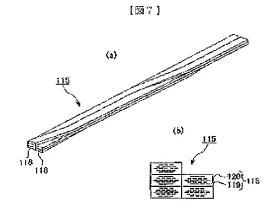
16.35、46、55・・・転位超電導テープユニッ16・・・テープ状の精磁材(補強テープ)、18・・・\*

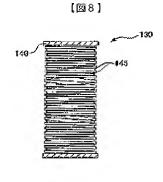
\*テープ状の超電遊導体(超電響テープ)、19・・・テープ状の超電導素線、20・・高越抗化膜、25・・超電導 多心素線(超電導素線)、27・・超電導体または超電 導体となる材料、28・・・コア部、29・・・基地(シース 材)、40・・超電導ケーブル、47・・フォーマ(管 体)、P・・・転位ビッチ。



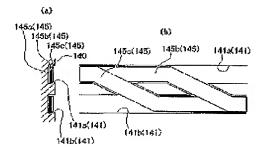
(9)

**綺閣2003-92033** 





[29]



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 知免

東京部江東区木場1丁目5番1号 株式会 社プジクラ内

(72)発明者 武田 薫

東京都江東区木場1丁目5番1号 株式会 社フジクラ内 (72)発明者 長屋 宣夫

愛知県名古屋市緑区大高町字北関山20番地 の1 中部電力株式会社電力技術研究所内

(72)発明者 嘉島 直二

愛知県名古屋市緑区大高町字北関山20番地 の1 中部電力株式会社電力技術研究所内

ドターム(参考) 56321 AA01 AA11 AA12 BA01 BA03 BA04 CA18 CA30 DA02 DA06